Arbeit aus der oto-laryngologischen Klinik (Prof. Siebenmann) Basel.

UEBER DIE FUNCTIONELLE BEDEUTUNG DER FENESTRA ROTUNDA.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

ADOLF FRUTIGER

PRAKT. ARZT VON BASEL.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1900.

Arbeit aus der oto-laryngologischen Klinik (Prof. Siebenmann) Basel.

UEBER DIE FUNCTIONELLE BEDEUTUNG DER FENESTRA ROTUNDA.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

ADOLF FRUTIGER

PRAKT. ARZT VON BASEL.

WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1900.

K

Das Recht der Uebersetzung bleibt vorbehalten.

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

MEINEM LIEBEN SCHWAGER

HERRN CHR. LANDENBERGER

IN LONDON

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET.

Die Ansichten über die Art und Weise der Schallzuleitung zum Labyrinthe waren bisher sehr getheilt und sind es noch jetzt. „Aus diesem Grunde ist es wohl begreiflich," sagt Bezold (1), „dass nicht nur Physiologen, sondern auch Otiatriker immer wieder von Neuem an der Erforschung eines Mechanismus sich versuchen, dessen Function ihresgleichen an Interesse vielleicht nur in der Refraction der brechenden Medien im Auge und der Accommodationsfähigkeit der Linse findet. Und es erscheint die Betheiligung von Seiten der Letzteren auch als eine wohlberechtigte, da ihnen allein Gelegenheit gegeben ist, beim Lebenden die feineren Form- und Functionsveränderungen am normalen und kranken Ohr unter den verschiedensten Cautelen und in genügend grosser Zahl zu beobachten, deren Gesammtheit sodann erst dem Physiologen das nothwendige Material an die Hand giebt, mit Hilfe dessen jeder einzelne Theil in seiner Bedeutung für die Function des Gesammtapparates verständlich wird."

Speciell über die physiologische Wirksamkeit des runden Fensters herrscht zur Zeit noch keine einheitliche Anschauung. Während die Einen annehmen, dass die das Trommelfell treffenden Schallwellen durch die Kette der Gehörknöchelchen und das ovale Fenster zum Labyrinth gelangen und dass das runde Fenster dazu diene, dem Labyrinthwasser eine Ausweichestelle zu bieten, glauben die Anderen das runde Fenster für die Zuleitung des Schalles verantwortlich machen zu müssen. Eine dritte Ansicht endlich hält beide Wege für möglich.

Die Versuche, eine Einsicht in die normale Function des runden Fensters zu gewinnen, geschahen zunächst auf Grund der Betrachtung der anatomischen Verhältnisse. Dank der Fortschritte, welche die Akustik gegen das Ende des XVIII. und am Anfang des XIX. Jahrhunderts aufzuweisen hatte, wurde jetzt das Experiment in die Er-

forschung der physiologischen Bedeutung der einzelnen Theile des Schallleitungsapparates eingeführt. Neben der Bedeutung der experimentellen physiologischen Akustik mit ihren mannigfachen Methoden sind sodann die pathologisch-anatomischen Befunde, insbesondere die Sectionsbefunde von Gehörorganen mit intra vitam festgestelltem functionellem Hörvermögen für die uns interessirende Frage von der höchsten Tragweite. Einen weiteren Beitrag zur Kenntniss der Wirksamkeit des runden Fensters liefern uns endlich die in neuester Zeit von Siebenmann am Lebenden angestellten Versuche der Belastung der Membran des runden Fensters vermittelst Tamponade und der sowohl mit, als ohne dieselbe vorgenommenen Hörprüfungen.

Es sei daher meine Aufgabe, zunächst in einem geschichtlichen Ueberblick die bisherigen Anschauungen und Theorien über die Bedeutung der Fenestra rotunda wiederzugeben. Sodann werde ich versuchen, die Ergebnisse der experimentellen physiologischen Forschungen über den Mechanismus des schallleitenden Apparates, soweit sie das runde Fenster betreffen, zusammenzustellen; aus der umfangreichen Litteratur, welche die Untersuchungen über die Physiologie des Gehörorgans und speciell über Schallfortpflanzung und Schallleitung in den letzten Jahrzehnten gezeitigt haben, werde ich mich bemühen, soweit dies angeht, nur die Folgerungen, die sich auf das runde Fenster ergeben haben, zu erwähnen. In einem weiteren Abschnitt werde ich von den bis jetzt bekannten pathologischen Fällen, bei denen die Section eine Erkrankung des runden oder des ovalen Fensters resp. des Stapes, oder beider Fenster ergeben hat, diejenigen aufzählen, welche mir für die Erklärung der Function des runden Fensters von Wichtigkeit zu sein scheinen. Es werden also in erster Linie diejenigen Berücksichtigung finden, bei welchen intra vitam eine functionelle Hörprüfung stattgefunden hat. Endlich werde ich über die in neuerer Zeit besonders von Siebenmann angestellten Versuche der isolirten Tamponade der Fossula fenestrae rotundae mit den sich daraus ergebenden Folgerungen kurz referiren.

Ueber die Lehre vom Mechanismus und der Function der Fenestra rotunda finden wir bei Ingrassias (2) die ersten genaueren Ausführungen: „ibique tintinans (nämlich aër) quandam velut echo facit per aliam fenestram in eandem primam cavitatem resiliens.“ Schon früher waren die anatomischen Verhältnisse der runden Fensternische klargelegt. Besonders war es Fallopius (3), der am meisten für die Anatomie des Ohres geleistet hat. Von ihm rührt die Bezeichnung

Fenestra rotunda her. Dieser Name kam jedoch erst später zur allgemeinen Geltung. So findet sich bei Coiter (4) die Stelle: „altera fenestra nullum peculiare consequitur nomen"; auch Laurentius (5) schreibt: „inferior fenestella nomine caret". Vidius Vidus (6), Lehrer des Vesal, spricht zum ersten Mal von einer Membran, welche die Fenestra rotunda schliesst, im Gegensatz zu Fallopius, der eine solche in Abrede gestellt hatte. Die Entdeckung Vidi Vidii wurde bestätigt von Casserius (7), der die erste genaue Beschreibung der Membran gab. Ueber die Function äussert sich Vidus pag. 323: „adeo ut sonus per hoc et per alterum rotundum (sc. foramen) penetrare ad alios sinus possit." Die vollständigste Erklärung des Gehörs finden wir bei Volcher Coiter (4). Nach ihm dient die mit keinerlei Membran versehene Fenestra rotunda dazu, um dem aër implantatus — der ἀὴρ οὐμφυής des Aristoteles —, der im Labyrinth eingeschlossen ist (Fallopius), den Schall zuzuführen: pag. 100: „Munus earum est sonum aëri implantato communicatum per pulsationem excipere, eumque ad sequentes cavitates transmittere." „Foramen hoc rotundum semper apertum manet et a nullo corpore operitur." Auch nach Laurentius (5) werden die Schallwellen dem inneren Ohr zugeführt sowohl mittelst der Gehörknöchelchen durch die Fenestra ovalis, als auch mittelst der Luft der mittleren Höhle durch die Fenestra rotunda. Derselben Ansicht sind nach Lincke (8): Valsalva, Borhaave, Manget, le Cat, Cotugno, Geoffroy, Scarpa, Pohl, Itard, Prochaska, Rudolphi, Floureus, Joh. Müller, Tourtual, Teule u. a. Schelhammer (9) ist in seiner Schrift, quo pleorumque omnium doctorum sententiae examinantur et auditus ratio novo methodo ex ipsius naturae legibus explicatur, der Ansicht, dass die Schallwellen dem Labyrinth ausschliesslich durch die Fenestra rotunda zugehen; er glaubte, dass der Schall in der Trommelhöhle so reflectirt werde, dass alle Strahlen desselben sich wie in einem Focus in derselben concentrirten. Zur Meinung Schelhammer's bekennt sich auch Vieussens (10). Er nannte das runde Fenster deshalb Porta labyrinthi. Die erste grössere Monographie über das runde Fenster finden wir bei Scarpa 1772 (11). Die Fenestra rotunda wird von einer Membran bedeckt, die nach der Trommelhöhle zu concav, nach der Scala tympani zu convex erscheint. Der Schall wird dem Gehörnerven durch die Fenestra ovalis et rotunda zugeführt. Dank diesem zweifachen Wege werden die Schalleindrücke voller. Die Schwingungen erreichen das Labyrinth schneller mit Hilfe der Membran

des runden Fensters. Dieselbe leitet ganz besonders gut schwache Töne, welche nicht im Stande sind, die Gehörknöchelchen in Bewegung zu setzen. Dass die Fenestra rotunda die Rolle des Trommelfells spielt, soll u. a. der grössere Umfang der Scala tympani beweisen. In einer weiteren Schrift kommt Scarpa (12) nach vergleichend-anatomischen Untersuchungen zu der Beobachtung, dass das runde Fenster allen denjenigen Thieren abgeht, die keine Schnecke besitzen, also den Insecten, Würmern, Fischen und kriechenden Amphibien; am geräumigsten ist es bei solchen Thieren, die eine sehr ausgebildete Schnecke haben. Da aber die Schnecke nur zum feineren Hören von der Natur verliehen worden ist, so sei das runde Fenster, das als zweiter Weg hinzukommt, auf welchem die Vögel und die warmblütigen Thiere den Schall aufnehmen, auch nur für ein vollkommeneres Hörvermögen nothwendig.

In den Arbeiten Cuvier's (15) auf vergleichend-anatomischem Gebiet wird die Grösse und Gestalt der Fenster bei verschiedenen Thieren beschrieben und die Behauptung aufgestellt, dass die Grösse und Lage der Fenster nicht ohne Einfluss auf das Gehör sei.

Eingehende Untersuchungen über die Function des Gehörorgans verdanken wir Autenrieth und Kerner (16). Die auf Grund vergleichend-anatomischer Beobachtungen gemachten Schlussfolgerungen werden experimentell zu beweisen gesucht. Bezüglich der Function der Fenster wird die Vermuthung ausgesprochen, dass, je grösser das runde Fenster der Schnecke ist als das eirunde des Vorhofes, „desto mehr die Lust oder Unlust des Thieres, überhaupt seine Neigungen aufgeregt werden und umgekehrt.“ pag. 358: Die bedeutende Variation in Grösse und Form des runden Fensters beim Menschen mag die Ursache sein, „warum der eine Mensch diese, der andere eine andere Eigenschaft des Schalles schärfer unterscheidet.“

Zum ersten Male tritt eine Fenestra rotunda auf bei den Reptilien [Retzius (99); Wiedersheim (100)], und zwar bei den Eidechsen und Schlangen. Eine Scala tympani findet sich aber erst im Krokodilohr und bei den Vögeln. Eine Aenderung der Hörfunction, die auf das runde Fenster zu beziehen wäre, ist bei den Reptilien nicht zu constatiren. Die Besserung des Hörvermögens der Reptilien gegenüber den Amphibien ist natürlich der höheren Entwickelung der Schnecke bei den ersteren zuzuschreiben.

Aus der vergleichenden Anatomie können wir also bezüglich der Function des runden Fensters den Schluss ziehen, dass dasselbe zum Hören jedenfalls nicht von grosser Bedeutung sein kann. Dagegen

scheint es als Schutzapparat eine wesentliche Rolle zu spielen, da entsprechend der immer weiter fortschreitenden Abschnürung und Versenkung des Gehörorgans in der aufsteigenden Thierreihe und mit der weiteren Entwickelung des Trommelfells, der Gehörknöchelchenkette und der Fenestra ovalis, speciell aber mit der grösseren Excursionsfähigkeit des Steigbügels die Regulirung der Fortpflanzung der Labyrinthwasserwellen eine immer sorgfältigere werden muss, weshalb neue Sicherheitsventile vonnöthen sind.

Die oben erwähnte Ansicht Scarpa's, dass aus der Thatsache, dass das runde Fenster am grössten da ist, wo die Schnecke die höchste Ausbildung zeigt, auf die hohe Function des runden Fensters zum Hörakte geschlossen werden darf, ist also — wenigstens in dieser abstracten Form — nicht haltbar. Ueberdies besitzen die Schildkröten beide Fenster, aber keine eigentliche Schnecke.

Von späteren Autoren hält das runde Fenster als alleinigen Weg der Schallübermittlung zum Labyrinth noch Treviranus (17).

Einer neuen Methode der Untersuchung bediente sich Flourens 1824 (18).

Dadurch, dass er die einzelnen Organe isolirt zu zerstören resp. zu verletzen suchte, kam er zur Erkennung einer grossen Reihe fundamentaler Thatsachen über die Functionen der einzelnen Theile des Gehörorgans. Die am Ohr von Vögeln gemachten Versuche über die Rolle der Fenster veranlassten Flourens zur Aufstellung folgender Sätze:

1. Nach Entfernung des Steigbügels wird das Gehör bedeutend herabgesetzt.
2. Die Zerstörung der Membran der Fenestra ovalis und der Fenestra rotunda schwächt das Gehör noch in höherem Maasse ab.
3. Wenn man den Steigbügel wieder in die Fenestra ovalis einführt, kann hierdurch das Gehör etwas gebessert werden.

Durch die Einführung der experimentellen physiologischen Akustik in die Erforschung der Functionen des Gehörsinns durch Savart und Johannes Müller eröffnete sich ein weites Feld für eingehende Untersuchungen. Nach Savart (19) dient das runde Fenster dazu, dem Flüssigkeitsstrome des Labyrinthwassers, der durch das Eindringen des Steigbügels in das ovale Fenster erzeugt wird, eine Ausweichestelle

zu bieten. Das Zerreissen der Membran des runden Fensters, sowie eine Beschädigung des Labyrinthinhaltes bei Einwirkung intensiver Schallschwingungen wird verhütet durch grössere Anspannung der runden Fenstermembran vermittelst der Gehörknöchelchenkette. pag. 214: „Vraisemblablement le même mécanisme (d. i. die Kette der Gehörknöchelchen) sert encore pour préserver la fenêtre ronde et toutes les parties molles contenues dans le labyrinthe des impressions trop fortes qu'elles pourraient recevoir. En effet, la base de l'étrier, en appuyant sur la membrane de la fenêtre ovale, doit comprimer le fluide, quel qu'il soit, qui se trouve dans le labyrinthe et par conséquent ce fluide doit presser les parties molles et notamment la membrane de la fenêtre ronde, ce qui doit diminuer l'amplitude de leurs excursions."

Von grosser Bedeutung sind die Versuche Joh. Müller's (20) über die Schallleitung bis zum Labyrinth bei den in der Luft lebenden Thieren. pag. 425: „Der Disput in den physiologischen Schriften, auf welchem dieser Wege (1. Trommelfell — Gehörknöchelchen — ovales Fenster, 2. Trommelfell — Paukenhöhlenluft — rundes Fenster) die Leitung geschehe, hat gar keinen physikalischen Sinn. Die Luft leitet, Membranen leiten, Gehörknöchelchen leiten, jedes thut also, was es nicht lassen kann. Eine doppelte gleichzeitige Leitung verschiedener Art muss natürlich den Eindruck verstärken." Müller kommt ferner zu folgenden Schlüssen:

1. Schallwellen, welche aus der Luft ins Wasser übergehen, erleiden eine beträchtliche Verminderung ihrer Intensität, gehen aber mit der grössten Stärke von der Luft zum Wasser durch Vermittlung einer gespannten Membran über.
2. Schallwellen gehen aus der Luft ohne merkliche Veränderung ihrer Intensität an Wasser auch dann über, wenn die vermittelnde gespannte Membran mit dem grössten Theil ihrer Fläche an einem kurzen festen Körper angeheftet ist, der allein das Wasser berührt.

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass beide Fenster, das von Membran geschlossene und das mit beweglichem Steigbügel geschlossene, sehr gute Leiter für die Mittheilung der Schallwellen an das Labyrinthwasser sind.

Die Leitung durch zwei Fenster ist keine nothwendige Bedingung zum Gehör bei den in der Luft lebenden Thieren mit Trommelhöhle. So entbehren die Frösche eines runden Fensters. Doppelte Leitung

muss natürlich das Gehör verstärken. Denn nun kommen von zwei neben einander liegenden Stellen Wellen ins Labyrinthwasser, welche noch dazu durch Kreuzung stärkere Verdichtungen oder Wellenberge an den Kreuzungsstellen verursachen. Ein ausschliessliches Anerkennen einer Art der Leitung würde unstatthaft sein, denn jeder leitungsfähige Theil thut, was er nach physikalischen Gesetzen muss. Die Frage, welche Leitung stärker sei, wird dahin beantwortet, dass „dieselben Luftwellen viel intensiver vom Trommelfell durch die Gehörknöchelchen und das ovale Fenster, als durch die Luft der Trommelhöhle und die Membran des runden Fensters auf das Labyrinthwasser wirken." Dies wird bewiesen durch die sog. Müller'sche Flasche, die den doppelten Schallleitungsapparat der Trommelhöhle veranschaulicht. In dieser sind 3 mit Membranen versehene Oeffnungen angebracht; die eine am Uebergang vom Hals zum Bauch der Flasche für das Trommelfell führt vermittelst eines Stabes, der Columella, zu der Membran der zweiten Oeffnung (For. ovale), während die dritte (Fen. rotunda) nur mit einer Membran versehen ist. Die beiden letzteren Oeffnungen befinden sich im Boden der Flasche, der durch eine Korkplatte dargestellt ist. Der Schall wird dem Trommelfell zugeführt durch eine in den Hals der Flasche genau passende Messingpfeife. Wenn die Pfeife geblasen wird, setzt man das untere Ende der Flasche mit den beiden Oeffnungen ins Wasser. Bei verstopften Ohren kann man nun mittelst eines in das Wasser und an das Ohr gehaltenen Conductors, während jemand die Pfeife anbläst, die Stärke der Wellen, welche durch die beiden Fenster in's Wasser gelangen, durch sein eigenes Gehör prüfen. „Die durch den Stab vom Trommelfell zum Wasser geleiteten Wellen sind ganz ausserordentlich viel stärker, als die von denselben Schwingungen des Trommelfells durch die Luft der Trommelhöhle und die Membrana secundaria tympani zum Wasser geleiteten Wellen."

Weitere Versuche Müller's ergaben: Entfernt man die Columella und schliesst das ovale Fenster ganz, so bemerkt man, dass die Leitung durch die Membran des runden Fensters wenig stärker ist, als durch die festen Theile der Korkplatte. Ausser der Intensität können nach Müller vielleicht auch die durch beide Fenster geleiteten Wellen desselben Tones in der Qualität, im Klang, einigermaassen verschieden sein, da bekanntlich ein und derselbe Ton ein anderes Timbre erhält, je nachdem er von verschiedenen Körpern resonnirt. Dass die Beziehung des runden Fensters zur Schnecke kein constantes Attribut derselben ist, beweist der Umstand, dass die Schildkröten das eine und andere

Fenster, aber keine eigentliche Schnecke besitzen. Zu der Annahme Muncke's, dass die Membrana tympani secundaria bei einem zu heftigen Stoss auf das Labyrinthwasser dazu diene, durch ihr Ausweichen den Eindruck zu dämpfen, bemerkt Müller pag. 451: „Eine Ableitung des Schalles ist allerdings in einem Luftkanal oder Communicationsrohr möglich, wenn die Wände des Rohres, welche die Wellen wegen der schwierigen Mittheilung zusammenhalten, eine Oeffnung haben; aber die Stosswellen des Wassers gehen sehr leicht an feste Körper über."

Gegen die Anschauung Müller's, dass durch die Membran des runden Fensters der Uebergang der Luftwellen der Trommelhöhle auf das Labyrinthwasser erleichtert werde, wendet sich Rinne (21). Die Versuche von Müller und Harless weisen allerdings die Möglichkeit der Erleichterung des Uebergangs von Luftwellen auf Wasser durch Membranen unter gewissen Bedingungen nach; indessen finden sich diese Bedingungen nicht bei der Membrana tympani secundaria. Die Thatsache, die aus den Müller'schen Fundamentalexperimenten hervorgeht, dass durch Vermittelung einer gespannten Membran die Schallwellen von der Luft in's Wasser mit grösster Intensität übergehen, darf nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse der runden Fenstermembran übertragen werden. Während nämlich in den Versuchen, die Membran gar nicht als schallleitender, sondern als selbsttönender Körper, als Theil eines Klangsystemes zu betrachten ist, bildet die Membrana tympani secundaria mit der Luft der Trommelhöhle kein Klangsystem, da keines von beiden Medien durch seine Dimensionen und Elasticität die Höhe der Töne, von welchen sie durchlaufen werden, bestimmt. Es kann also von einer Verstärkung des Tones beim Uebergang der Schallwellen von der Trommelhöhle in das Labyrinthwasser durch Vermittlung der Membrana tympani secundaria keine Rede sein, da letztere als einfach schallleitende Membran die zum Zustandekommen der Tonverstärkung nothwendigen stehenden Schwingungen nicht erzeugen kann. Nach Rinne hat die Membrana tympani secundaria eine doppelte Function zu erfüllen, die Reflexion der Wasserwellen und die Aufnahme der Luftwellen. Jede störende Einwirkung der reflectirten Wellen auf den Ablauf der directen wird dadurch unmöglich gemacht, dass beide einander durch Interferenz aufheben. Denn bei der im Verhältniss zur Luftleitung überwiegend rascheren Fortleitung des Schalles durch feste Körper und Wasser gelangen die durch die Gehörknöchelchenkette dem Labyrinthwasser übermittelten Schallwellen beinahe gleichzeitig zur

Membran des runden Fensters wie die durch die Luft der Trommelhöhle übertragenen. Während die Luftwellen nur etwas geschwächt durchgehen, werden die Wasserwellen nicht nur geschwächt, sondern gleichzeitig so modificirt, dass jede Welle von einer Welle entgegengesetzter Natur, also eine Verdichtungswelle von einer Verdünnungswelle u. s. w. ausgelöst wird. An dem Berührungspunkte combiniren sich dann Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Nach Helmholtz (22) handelt es sich nicht um Verdichtungs- und Verdünnungswellen, da das Labyrinthwasser als eine nur in toto zu bewegende Flüssigkeitsmasse zu betrachten sei, und die Ausbreitung der Druckwirkung durch die ganze Masse so gut wie augenblicklich erfolge. Je nach der Spannung der Membrana tympani secundaria wird die doppelte Function derselben, wie Rinne annimmt, verschieden ausgeführt. Und zwar hat der Grad der Spannung der Membran einen grösseren Einfluss auf die Stärke der reflectirten Wellen, als auf die Grösse des Bruchtheils der Luftwellen, da wegen der starken Zusammendrückbarkeit und der geringen Dichte der Trommelhöhlenluft gegenüber dem Labyrinthwasser der Widerstand der ersteren gegen die Bewegungen des letzteren gleich Null sind, während für die Luftwellen neben der Spannung der Membran der Widerstand des Labyrinthwassers von Bedeutung ist. Es besteht nach Rinne eine wechselseitige Compensation zwischen dem Einflusse der Trommelfellschwingungen und der schallaufnehmenden und reflectirenden Wirksamkeit der Membrana fenestrae rotundae.

Bei Toynbee (24) finden wir die Angabe, dass Wharton Jones wegen des leidlichen Hörens bei Verlust der Gehörknöchelchen die Fenestra rotunda für die Schallleitung in Anspruch nahm. Brooke schliesst wegen der auf den Hammergriff senkrechten Ebene der Steigbügelschenkel die Schallleitung durch die Knöchelchen aus, indem dadurch der Schall aufgefangen würde. Carpenter spricht sich für eine Zuleitung des Schalles durch die Kette der Gehörknöchelchen aus, während Toynbee nach allerdings sehr primitiven Versuchen zu dem Schlusse kommt, dass beide Möglichkeiten zuzugeben sind. Nach Yearsley (25) beweist die Hörfunction bei Unbeweglichkeit des Steigbügels, dass die Membrana fenestrae rotundae die Schallwellen leiten kann.

In den folgenden Jahren wurde für die Klärung der Frage des Mechanismus der Schallleitung im Gehörorgan verhältnissmässig wenig gethan, da die Entdeckung des Corti'schen Organes das Interesse der Forscher ganz in Anspruch nahm. Im Beginn der sechziger Jahre fing

man wieder an, sich mit der Art der Schallfortpflanzung zum Labyrinthe zu beschäftigen. Die Einführung einer Reihe neuer Methoden in die experimentelle physiologische Akustik brachte weitere Ergebnisse.

Politzer (29) war es, der zuerst die graphische Methode anwandte. Mit Hilfe eines kleinen bis zu zwei Drittel mit Carminlösung gefüllten Manometers von $^1/_4$ bis $^1/_2$ mm Durchmesser, das er in den geöffneten oberen Canalis semicircularis einführte, konnte er die Bewegungsgrenzen des gesammten Leitungsapparates bei einfachen Luftdruckschwankungen bestimmen.

Die auffallend grosse Excursion, welche Politzer bei Luftdruckschwankungen von der Tube aus im Labyrinthmanometer erhielt, liessen vermuthen, dass die Bewegungsfähigkeit der Membran des runden Fensters verhältnissmässig eine sehr bedeutende sein werde, da bezüglich des Bewegungsmaximums des Steigbügels in Verbindung mit der ganzen Leitungskette von Helmholtz (22) nachgewiesen wurde, dass es ein sehr geringes sei.

Diese Vermuthung wurde bestätigt durch die Untersuchungen von Buck und Burnett, welche die Schwingungen der Membrana tympani secundaria nach vorsichtiger Entfernung der unteren Trommelhöhlenwand der directen Messung unterzogen, indem sie die lineäre Excursion von aufgestreuten Amylumkörnchen mittelst des Ocularmikrometers auf dem runden Fenster beobachteten, während ein starker Schall von einer Orgelpfeife oder Sirene durch den Gehörgang auf das Trommelfell einwirkte. Als Tonquellen dienten 4 Orgelpfeifen von 50, 140, 630 und 1160 Schwingungen in der Secunde. Buck (32) fand auf diese Weise für die Membran des runden Fensters ein Bewegungsmaximum von 0,04 mm. Die Zerstörung der Membran des runden Fensters hatte auf die Bewegung der Gehörknöchelchen keinen Einfluss: „The measurements on different parts of the ossicles, before and after breaking up the membrane, were the same.“

Burnett (33) fand bei seinen in gleicher Weise angestellten Untersuchungen an 10 Gehörorganen ein Excursionsmaximum von 0,032 mm. Bei seinen nach dem Politzer'schen Verfahren angestellten Versuchen, den Einfluss des veränderten Labyrinthdruckes auf die Excursionen der Knöchelchen und der Membran des runden Fensters zu prüfen, zeigte es sich, dass die Excursionen deutlich wahrgenommen wurden, solange der Druck auf einem gewissen Grade stehen blieb. Wenn jedoch der Druck zu gross oder zu gering war, so nahmen die Excursionen ab, und zwar früher während eines hohen, als während

eines tiefen oder intensiven Tones. Burnett kommt zu den Schlussfolgerungen, dass die Excursionen der Gehörknöchelchen durch die Labyrinthflüssigkeit auf die Membran des runden Fensters übertragen werden; ferner dass Steigerung des Labyrinthdruckes bis über eine gewisse Grenze die physiologische Verrichtung des runden Fensters und der Gehörknöchelchenkette vernichte und zwar geschehe die Einstellung dieser Function früher bei hohen, als bei tiefen Tönen. Bei Verminderung oder gänzlicher Aufhebung des Labyrinthdruckes kann die Kette der Gehörknöchelchen zwar noch fortfahren zu schwingen, ihre Schwingungen üben jedoch keinen Einfluss mehr aus auf die Membran des runden Fensters.

Hensen und Schmiedekam (34) fanden, dass die runde Fenstermembran selbst auf Zuleitung von starken Tönen in den äusseren Gehörgang keine deren Schwingungen entsprechende Mitbewegungen ausführt.

Sehr genaue Resultate haben Mach und Kessel (39) mit ihrer stroboskopischen Methode erhalten. Ein Heliostat warf die Sonnenstrahlen durch einen Spalt auf das Präparat. Ein zweiter Spalt, welcher auf einer schwingenden Stimmgabel angebracht war, schnitt die Strahlen periodisch ab, so dass das Präparat nur kurze Zeit, und so oft, wie die Stimmgabel eine Schwingung vollendet, beleuchtet wurde; dem Gehörgang wurde dann mit Hilfe eines Schlauches von einer der Stimmgabel nahe gleich gestimmten Orgelpfeife aus der Ton zugeführt. Sie fanden, dass die Membran des runden Fensters nach aussen geht, wenn der Steigbügel sich nach innen bewegt; sie bewiesen also die vollständigste Abhängigkeit derselben von der Bewegung der Gehörknöchelchen. Nur wenn die Reihe unterbrochen ist, könnte von einer Zuleitung des Schalles durch die Fenestra rotunda die Rede sein.

Die ausführlichsten Versuche an Ohrpräparaten zur Entscheidung der Frage, ob die Membrana tympani secundaria direct bei der Ueberleitung der Schallwellen vom Trommelfell auf's Labyrinth betheiligt sei, verdanken wir Weber-Liel (40). Er benützte 9 frische Ohrpräparate, an denen er den Boden der Paukenhöhle und soviel der hinteren Wand von den Mastoidalzellen her entfernte, dass er die Membran in der Tiefe des runden Fensters frei übersehen konnte. Als Tonquellen dienten theils die menschliche Stimme, theils Orgelpfeifen von ca. 180, 210 und 540 Schwingungen in der Secunde. Die Pfeifen wurden durch einen mit Windkasten versehenen Blasebalg zum Tönen gebracht. Der Schall wurde vermittelst eines Gummischlauches in eine in den äusseren Gehörgang des Präparates eingekittete Glasröhre geleitet. Das Präparat

wurde fixirt und konnte gestützt in verschiedene Lagen gebracht werden, so dass mit dem Mikroskop die Fenstermembran unter verschiedenen Winkeln leicht zu beobachten war, während durch eine Linse das Licht einer Petroleumlampe auf dasselbe concentrirt wurde. Traten nun Schwingungen ein, so mussten die das Licht stark brechenden Amylumkörperchen, womit die interessirenden Theile des Präparates leicht bestäubt waren, oder die kleinen Lichtreflexe der feuchten Membran Excursionen zeigen, deren Weite und Richtung durch ein im Mikroskop angebrachtes Mikrometer bestimmt werden konnte. Die gewonnenen Resultate waren folgende:

1. Die Bewegungen des Trommelfells und des Stapes wurden durch das Labyrinthwasser auf die Membrana tympani secundaria übertragen.

2. Wenn er das Ambos-Steigbügelgelenk trennte, den Ambos seitlich dislocirte und darnach die Paukenhöhle an ihrer offen gelegten Seite durch ein eingekittetes Deckgläschen fest schloss, während die Tube nur eben wie angelehnt offen gehalten wurde, machten die Amylumkörperchen oder die Lichtreflexe der Membran Excursionen, die kaum geringer ausfielen ($1^1/_2 : 2$) als vor der Trennung des Ambos-Steigbügelgelenks; diese Excursionen konnten aber nur an gewissen Stellen der Membran wahrgenommen werden. Bei geöffneter Paukenhöhle blieben sie aus. Am Steigbügelköpfchen und Schenkel war nur in zwei Fällen zu gleicher Zeit die Andeutung einer Bewegung zu sehen.

3. Durch hochgradige Verdichtung der Luft der geschlossenen Paukenhöhle per tubam bei getrenntem Ambos-Steigbügelgelenk blieben die Excursionen aus und zwar eher bei hohen als bei tiefen Tönen.

4. Wurde die Labyrinthflüssigkeit beseitigt, so konnten keine Excursionen an der Membran wahrgenommen werden. Diese stellten sich jedoch sofort wieder ein, sobald in die geöffnete Scala tympani Wasser eingegossen wurde.

5. Wurden die Schallschwingungen durch eine dem Schläfenbein aufgekittete Glasröhre den Kopfknochen zugeleitet, so wurden an der Membrana tympani secundaria keine Excursionen wahrgenommen.

Die Versuche bewiesen nach Weber, „dass die Membran des runden Fensters auch vom Trommelfell her durch die Luftleitung der Paukenhöhle in Schwingungen versetzt wird.“

Einer zweiten Versuchsreihe Weber-Liels (41) verdanken wir genaue Mittheilungen über die Spannungsverhältnisse der Membran. Die Versuche sind folgende:

1. Wird in den äusseren Gehörgang des in derselben Weise wie oben beschrieben angefertigten Ohrpräparates ruhig geathmet, so bemerkt man, dass die Membran des runden Fensters entsprechend den In- und Exspirationen sich aus- und einwärts bewegt.

2. Verdichtung der geschlossenen Paukenhöhlenluft per tubam, wobei die Beobachtung durch ein den Boden der Pauke verschliessendes Deckgläschen geschah, bedingt nur eine sehr geringe Incursion der Membran labyrinthwärts, während Verdünnung eine bedeutende Excursion derselben gegen die Trommelhöhle zur Folge hat und zwar baucht sich das grössere vordere Segment der Membran in der Richtung nach hinten aus, das hintere kleinere Segment rückt nach einwärts. Dasselbe ist zu bemerken an den Präparaten, an welchen vorher das Ambos-Steigbügelgelenk gelöst oder das Labyrinth geöffnet worden war.

3. Ebenso erkennt man nur eine sehr geringe Verschiebung der Membran nach innen, wenn man vermittelst eines in die Scala tympani eingekitteten Röhrchens nach Abfluss des Labyrinthwassers Saugbewegungen ausführt und umgekehrt eine weite Vorbauchung der Membran bei Verdichtung der Luft der Scala tympani. Bei fortgesetztem Ansaugen wurde keine weitere Incursionsbewegung wahrgenommen.

„Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich also, dass die Membrana tympani secundaria ausgiebigerer Bewegungen fähig ist, als man dies wohl angenommen hat; ferner dass dieselbe ausserordentlich leicht und prompt allen Druckschwankungen sowohl vom ovalen Fenster her als den Luftdruckschwankungen der Paukenhöhle folgt. Indess ist dies nur in gewissem Sinne der Fall. Labyrintheinwärts kann sich die Membran aus der Ruhelage nur sehr wenig bewegen, zum Theil deshalb, weil die Labyrinthflüssigkeit einen Gegendruck ausübt. Ist dieselbe abgelaufen, so sinkt die Membran ein wenig zurück und wird lediglich durch den Luftdruck nach innen gespannt. Tympanalwärts aber ist die Membran ausserordentlich excursionsfähig bis zu einem gewissen Punkte. Die Incursionen bei Luftverdichtungen und Verdünnungen schwanken daher auch nur zwischen dem Zustand der weitmöglichsten Excursion und einem Punkte, der nur wenig bemerkbar über das Niveau der Ruhelage nach innen ausweicht.“

Dieses Verhalten wird erklärlich durch die anatomischen Verhältnisse der Membran und ihrer Umgebung. Dieselbe ist im Grunde der Nische von hinten nach vorn und aussen, und von oben nach unten so ausgespannt, dass sie nach unten eingebaucht wird. Wenn Weber

Quecksilber durch den Gummischlauch, welcher mit der Scala tympani durch ein Röhrchen in Verbindung gesetzt war, einfüllte und den Schlauch etwas erhob, so dass der Druck auf die Membran ein stärkerer wurde, so wölbte sich nicht nur die Membran besonders in ihren unteren von oben nach unten ziehenden Flächenparthien sehr stark nach aussen vor, sondern hob sich unten und seitlich vom Knochen ab, wie wenn die Membran hier dem Knochen aufgelegen hätte. Von besonderer functioneller Bedeutung für das physikalische Verhalten der Membran sind nach Weber starke Fasern, die ungefähr in der Mitte des unteren Segmentes von dem hinteren scharfen Rand der Knochenrinne divergirend in die Membran übergehen. Beim Menschen ist ein derberer Faserzug besonders ausgebildet, und meist, wenn auch nicht immer, zu erkennen. Dieser läuft, etwas hinter der Mitte des unteren, winklig sich erhebenden Knochenrandes entspringend, wie eine schmale Linie schief aufwärts zum seitlichen oberen Rande der Fensteröffnung. Bei Luftverdünnung im äusseren Gehörgang wird die Membrana tympani secundaria labyrinthwärts gespannt, bei Luftverdichtung tritt sie tympanalwärts vor. Mässige Luftverdünnung oder -verdichtung von der Tuba Eustachii her bewirkt bei Schallzuleitung durch den äusseren Gehörgang keine Veränderung in der Weite und Richtung der Excursionen der Lichtreflexe an der Membrana tympani secundaria; diese verschwinden jedoch bei sehr gesteigertem intratympanalem Druck; dasselbe hatte eine Steigerung des intralabyrinthären Druckes zur Folge. Anspannung des Musculus tensor tympani bedingt ein Ausweichen der Membran und zwar stärker in ihren vorderen oberen Parthien. Starker Zug am Tensor tympani verringert die Excursionen der Membran in Folge von Zuleitung sowohl höherer als tiefer Töne, aber nur bei intactem Trommelfell. Ein kleiner Riss oder ein kleines Loch im Trommelfell war bei vorgenommener Luftverdichtung oder -verdünnung im äusseren Gehörgang ohne Einfluss auf die Excursionen der runden Fenstermembran; dagegen nahmen dieselben bedeutend ab ($^1/_3 : 1—1^1/_2$), wenn durch den äusseren Gehörgang Schall zugeleitet wurde. Unter allen Umständen ist das vordere Segment der Membran besonders in seinen mittleren und oberen Parthien der ausgiebigsten Bewegung fähig und lässt bei schwacher Einwirkung allein noch eine Excursion erkennen. Bei geöffneter Pauke war die Excursion bei Luftverdichtung vom äusseren Gehörgang aus ebenso gross als die Incursion bei Luftverdünnung. Die stärkste Bewegung zeigte sich an der vorderen Parthie, kaum nachweisbar war dieselbe am hinteren Segment der Membran. Bei Schallzuleitung vom äusseren Gehörgang

aus (durch Deckgläschen verschlossene Paukenhöhle) schienen wiederholt die Excursionen des hinteren kleineren Segmentes ausgiebiger als die des vorderen. Sie haben die Richtung nach hinten aussen und sind bei tieferen Tönen ausgiebiger als bei höheren; bei sehr hohen Tönen waren keine Excursionen mehr zu sehen.

Die Membrana tympani secundaria ist nach Weber ausserordentlich widerstandsfähig und elastisch; durch kräftige Luftpresse platzt eher das Trommelfell. Quecksilber im Canalis semicircularis superior drängte die Membran sehr stark vor. Bei vermehrtem Druck floss das Quecksilber zuerst durch den Aquaeductus vestibuli, dann auch durch den Aquaeductus cochleae ab. Liess man mit dem Druck nach, so schnellte die Membran in ihre normale Lage zurück. Ebenso fand Bezold (43), dass die Membran des runden Fensters bei wiederholten Versuchen immer die gleichen Excursionen machte und somit ihre Elasticität bewahrte.

Vorläufig schliesst Weber-Liel aus seinen Versuchen, dass das Nebentrommelfell beim Hören eine wesentliche Rolle als schwingende Membran spielt, welche ihre Schwingungen dem Labyrinthwasser mittheilt; ferner, dass die Membran nicht ausschliesslich den Zweck hat, dem Drucke der vom ovalen Fenster aus andringenden Flüssigkeitsmasse eine nachgiebige Wand zu bieten. Dass die Labyrinthflüssigkeit ausweichen könne, diesem Zweck scheint bei verstärktem Drucke der Aquaeductus vestibuli zu dienen.

Zur Prüfung der Bewegungsfähigkeit der aus ihrer Verbindung mit dem Leitungsapparat getrennten Membran des runden Fensters hat Bezold (1) die äussere Labyrinthwand mit den Fenstern mittelst einer Laubsäge aus dem Schläfenbein herausgenommen. Sodann wurde die geebnete Umgebung der Membran auf ihren beiden Seiten mit einem glühenden Nadelkopf ringsum getrocknet und mit einem grösseren Wachswall umgeben, wobei jedoch die der Membran nächst gelegene Zone vorsichtig umgangen und die Membran durch wiederholtes Befeuchten vor Austrocknung geschützt wurde. Auf die Labyrinthseite wurde mit Hilfe des Wachses ein kleines Wassermanometer angefügt, während mit dem an der Paukenhöhlenseite angeschmolzenen Glasröhrchen ein Luftverdichtungs- und -verdünnungsapparat verbunden wurde. Das In- und Excursionsmaximum der so isolirten runden Fenstermembran berechnete Bezold im Durchschnitt auf 14,60 halbe Millimeter Wasserdruck, wovon 8,00 auf die Einwärts- und 6,60 auf die Auswärtsbewegung fällt. Es ist bemerkenswerth, mit welcher Leichtigkeit die Membran durch

die kleinsten Luftdruckschwankungen hin- und herbewegt werden kann. Die Bewegung, welche der Labyrinthflüssigkeit durch das runde Fenster mitgetheilt wird, ist im Labyrinthmanometer ungefähr viermal so gross wie diejenige, welche vom isolirten Steigbügel durch das ovale Fenster sich erzeugen lässt; auch nach Durchschneidung der Stapediussehne bleibt die letztere noch immer um die Hälfte kleiner als die erstere. Der Widerstand, welchen die Membran den Bewegungen des Labyrinthwassers entgegensetzt, stellt sich experimentell als ein minimaler heraus. Um das Bewegungsmaximum für die In- und Excursion der Membran zu erreichen, ist ungefähr der gleiche positive und negative Luftdruck nothwendig, der bei der Bewegung des Leitungsapparates von der Tube aus anzuwenden ist. Daraus zieht Bezold den Schluss, „dass die Bewegungen des Labyrinthwassers, welche bei Luftdruckschwankungen erfolgen, die in den Mittelohrräumen direct erzeugt werden, ziemlich ausschliesslich auf Rechnung der In- und Excursionen der Membrana tympani secundaria kommen, und dass der Druck, welcher hierbei gleichzeitig auf Trommelfell und Fussplatte des Steigbügels einwirkt, sich nahezu oder ganz gegenseitig aufhebt.“ Die Folgerung, die sich daraus ergiebt, dass nämlich eine Luftdruckverminderung im Mittelohr (z. B. in Folge von Tubenverschluss) nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, von einer Erhöhung des Labyrinthdruckes, sondern von einer kurz dauernden Herabsetzung desselben, und eine Luftdruckvermehrung von einer kurz dauernden Steigerung begleitet sein wird, erwähne ich hier nur des Interesses wegen, das sie zur Erklärung mancher pathologischer Erscheinungen bietet, die im Gefolge eines länger dauernden Tubenabschlusses nicht selten uns entgegentreten.

Panse (46) konnte an einem nach Art der Schnecke gebauten künstlichen Modell nachweisen, dass bei Druck auf die Fenestra ovalis die Membran des runden Fensters sich vorwölbte. Die basale Wand der Scala vestibuli wird in ihrer Beweglichkeit beeinträchtigt, sobald die Membran des runden Fensters nicht gut mehr ausweichen kann. Deshalb glaubt Panse, dass das Hörhinderniss bei chronischer Tubenstenose nicht in der Feststellung des Trommelfells und der Kette liegen kann, sondern in der verminderten Beweglichkeit der Membran des runden Fensters. „Schallwellen, welche beim gesunden Ohr durch die Luft auf das runde Fenster fortgepflanzt werden, werden durch die grössere Kraft der vom Steigbügel zugeleiteten unwirksam gemacht.“ Solange daher die Kette der Gehörknöchelchen intact ist, kommt die Schallleitung durch Compression der Paukenluft auf das runde Fenster

nicht in Betracht. Für das Hören durch die Knochen wird durch das Feststellen der Fenstermembranen ein begünstigender Umstand geschaffen, da bei gesunden Ohren die Stösse des Knochens das Wasser gegen Basal- und Reissner'sche Membran und gegen die Fenster treiben, letztere aber leichter ausweichen können, weshalb die häutigen Wände des Schneckenganges nur schwach noch bewegt werden. Indess gilt dies nur bis zu einem gewissen Grade. Bei sehr starkem Druck nützt die Feststellung der Fenstermembranen nichts, da die elastischen Wände ihre Elasticität eingebüsst haben und das Wasser daher zu bewegen ausser Stande sind.

Gleichzeitige Synostose von Stapes und Fenestra rotunda hebt auch die Knochenleitung auf. Eine Erkrankung des runden Fensters wird sowohl die Luft- als die Knochenleitung verschlechtern.

Dass auch heute noch die Ansichten der Autoren über die Art und Weise der Schallleitung durch die Pauke getheilt sind, geht aus der Debatte hervor, die Secchi (68) auf dem Congress zu Rom 1894 herbeiführte. Secchi ist überzeugt, dass die Gehörknöchelchenkette sammt ihren Muskeln nicht zur Fortleitung des Schalles diene, sondern einen Accommodationsapparat des Ohres bilde; die Schallwellen werden vielmehr auf die Membran des runden Fensters übertragen. Derselben Ansicht waren Cozzolino, Corradi u. a.

In den neueren Lehrbüchern bleibt die Frage meist unentschieden; indessen dürfte die Ansicht, dass für gewöhnlich die Membr. tymp. secund. nur vom Steigbügel aus in Bewegung gesetzt werde, wohl die meisten Anhänger zählen.

Nach Gellé (93) werden die Schallwellen vom Trommelfell zum Labyrinth durch die Gehörknöchelchen geleitet, denn dieser Weg ist der sicherere und directere, als der vermittelst der Paukenhöhlenluft zum runden Fenster führende, da auf ersterem die Schallwellen „ins Herz des Labyrinthes" gelangen, „où utricule et saccule se trouvent logés et où s'ouvrent les divers accès vers les canaux semicirculaires et vers la rampe sensorielle du limaçon." Der andere ist ein Umweg; denn er führt „à la rampe veuve d'organes sensibles, la rampe tympanique, pour gagner par un énorme détour le vestibule et enfin le nerf épanoui dans la rampe sensorielle."

Wolf (98) kommt besonders gestützt auf die Betrachtung der anatomischen Verhältnisse, der ungünstigen Lage des runden Fensters, zu dem Schluss, dass die normale Thätigkeit des runden Fensters sich nicht auf die Zuleitung der Schallwellen bezieht.

Fassen wir nunmehr resumirend die Ansichten der bisher genannten Autoren unseres Jahrhunderts zusammen, und berücksichtigen wir dabei speciell die Ergebnisse der experimentellen Forschungen, so muss hervorgehoben werden, dass eine ausschliessliche Leitung der Schallwellen durch das runde Fenster allgemein verneint wird. Ebenso stimmen alle darin überein, dass die Elasticität und Bewegungsfähigkeit der Membran des runden Fensters sehr bedeutend sind. Auch über den Mechanismus der Membran des runden Fensters herrscht einerlei Meinung. Weiterhin schreiben alle der runden Fenstermembran die Function zu, als Ausweichestelle für die vom Stapes herrührenden Stösse des Labyrinthwassers zu dienen. Im Gegensatz zu allen anderen aber, die dem runden Fenster nur diese Rolle zutheilen, vindiciren Müller, Rinne und Weber-Liel der Membran des runden Fensters die weitere Function, selbstständig die Leitung der Schallwellen zu übernehmen, allerdings gegenüber der Leitung vermittelst der Gehörknöchelchenkette nur in beschränktem Maasse. Diese Divergenz der Ansichten dürfen wir uns wohl so erklären, dass die Deutung eines Beobachtungsresultates bei allen diesen Experimenten sehr schwierig ist und in vielen Fällen dem persönlichen Ermessen des betreffenden Experimentators überlassen bleibt. Ueberhaupt können fast alle diese Versuche, so mühevoll und dankenswerth sie sind, doch nur als erste Annäherung an die Betrachtung normaler Vorgänge bezeichnet werden; denn stets handelt es sich um plumpe Nachahmung natürlicher Verhältnisse, um Töne übergrosser Intensität, um tote Theile, um Eröffnung von Paukenhöhle, Labyrinth oder Tube, um Einwirkung ungewöhnlicher Resonanzverhältnisse etc.

Immerhin stehen die Resultate der experimentellen Untersuchungen im Ganzen mit den physikalischen und anatomischen Voraussagen im Einklang.

Gestützt auf die oben erwähnten Gründe geht unsere Meinung dahin, dass für normale Verhältnisse eine Leitung durch das runde Fenster nicht wesentlich in Betracht kommt, sondern dass letzteres den Hauptzweck hat, als Schutzapparat des Gehörorgans für die Bewegungen des Labyrinthwassers eine nachgiebige Wand zu bieten.

Anders verhält es sich unter pathologischen Umständen, wie wir sogleich sehen werden.

Für die Frage über die Function des runden Fensters haben wir das pathologische Material in 3 Rubriken einzutheilen. Einmal haben wir die Fälle von isolirter Erkrankung des Stapes resp. des ovalen

Fensters, besonders bezüglich des intravitalen Hörvermögens, zu betrachten; denn es ist klar, dass, wenn bei totaler Obliteration der Gehörknöchelchenkette noch ein Rest von Hörvermögen vorhanden ist, und wenn gleichzeitig die runde Fenstermembran intact erscheint, die Annahme einer Leitung auf dem Wege des runden Fensters sehr nahe liegt. Sodann müssen wir festzustellen suchen, ob uns die Fälle von isolirter Erkrankung des runden Fensters über die Function desselben Aufschluss zu geben im Stande sind, und endlich vermögen uns die Fälle von Erkrankung beider Fenster vielleicht einen Fingerzeig für die Bedeutung des runden Fensters zu geben.

Aus der Betrachtung der in der Litteratur vorhandenen Mittheilungen über Sectionsberichte von Schwerhörigen, bei denen als Ursache der Schwerhörigkeit eine Erkrankung der Paukenfenster anzunehmen ist, ergiebt sich, dass völlige Obliteration beider Fenster mit vollständiger Taubheit verbunden ist. Die Fälle, welche diesen Satz beweisen, hier aufzuzählen, würde zu weit führen. Eine übersichtliche Zusammenstellung über die publicirten Fälle von Erkrankung der Paukenfenster findet sich bei Panse (46). Inwieweit aber hier die Taubheit durch Nervenveränderungen bedingt ist, welche in solch hochgradigen Fällen von Spongiosirung ja selten zu fehlen scheinen, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Die isolirte Erkrankung des runden Fensters ist noch nicht hinlänglich oft beobachtet, um sichere Schlüsse zu ermöglichen. Nach Panse existiren 10 Mittheilungen und diese schrumpfen bei genauer Betrachtung auf 7 zusammen. Mit Recht sagt er: „Bei den zahlreichen Varietäten, die Weber-Liel (42) an dem runden Fenster fand, verliert man den Muth, die in dieser Gruppe aufgeführten Verhältnisse als pathologisch zu betrachten oder gar für die klinischen Symptome verantwortlich zu machen.“ Für unsere Zwecke führe ich hier den Fall von Tröltsch (85) an: „Nach einer sehr starken Erkältung trat rasch Taubheit ein, aus der sich eine allmählich zunehmende hochgradige Schwerhörigkeit entwickelt, die seit 7 Jahren constant ist, bei feuchtem Wetter schlechter wird. In der Nähe leise Sprache vernehmbar, Uhr beim Andrücken rechts. Section rechts: Trommelfell blaugrau, undurchsichtig, matt. Schleimhaut des Rachens hypertrophisch. Gehörknöchelchen gut beweglich, allenthalben Adhäsionen. Eingang zur Fenestra rotunda durch starres Bindegewebe mit reichlichem Capillarnetz verbaut. Membran der Fenestra rotunda selbst stark verdickt. Gasentwicklung bei Salzsäurezusatz.

Links: Hammer und Ambos mit grösserer Gewalt zu trennen. Steigbügel weniger beweglich. Das runde Fenster $^1/_2$ mm dick mit viel Gefässen. In der Schnecke schwarze Pigmentklumpen.

Können wir also die Fälle von isolirter Erkrankung des runden Fensters zur Beurtheilung der Function desselben nicht verwerthen, so müssen die Beobachtungen bei Stapesankylose für uns vom grössten Interesse sein. Es hat sich nämlich gezeigt, dass bei Fällen, bei welchen die Section Ankylose der Gehörknöchelchen, aber intacte runde Fenstermembran ergeben hat, zwar das Hörvermögen ganz bedeutend herabgesetzt zu sein pflegt, aber das Sprachverständniss für sehr laute in der Nähe des Ohres gesprochene Worte noch vorhanden sein kann. Von solchen Fällen sind eine ganze Reihe beschrieben worden, so von Voltolini, Lucae, Moos, Politzer, Schwartze, Weber-Liel, Toynbee, Bezold, Scheibe, Katz, Siebenmann u. a. Zur Erklärung dieses Phänomens nimmt Politzer (31) an, dass die Schallwellen bei Unbeweglichkeit der Gehörknöchelchenkette durch die Kopfknochen zum Labyrinthe gelangen und die auf die Labyrinthflüssigkeit übertragene Bewegung kann gegen das runde Fenster hin ausweichen. Für diese Ansicht sprechen anscheinend jene Fälle von hochgradiger Schwerhörigkeit, bei welchen durch das Hörrohr gesprochene Worte nicht verstanden werden, während das Sprachverständniss ohne dasselbe für in der Nähe des Ohres laut gesprochene Worte vorhanden ist. (Indessen ist hier auch eine andere Deutung berechtigt.) Derselben Meinung ist Bing (59). Denn gilt der Satz, dass das runde Fenster eine Gegenöffnung zum ovalen Fenster bildet, wofür die Art und Weise, in welcher nach Weber die Membrana tympani secundaria im runden Fenster ausgespannt ist und die von ihm bei Versuchen am Präparat constatirte grössere Excursionsfähigkeit derselben tympanalwärts zu sprechen scheinen, so gilt auch andererseits, dass das ovale Fenster die Gegenöffnung des runden ist. Es kann daher bei Obliteration des ovalen Fensters eine Schallübertragung durch das runde Fenster zum Labyrinth, wie von den Gegnern angenommen wird, nicht stattfinden.

Die Gegner, vor allem Voltolini, Lucae, Moos u. a. suchen ihre Ansicht durch den Hinweis auf solche Fälle von doppelseitiger Ankylose des Steigbügels zu begründen, bei welchen auf dem einen Ohr vollständige Taubheit, auf dem anderen noch ein geringes Sprachverständniss vorhanden ist. Die Section ergiebt nämlich in solchen Fällen fast ausnahmslos auf Seite des tauben Ohres irgend eine Veränderung des runden Fensters resp. seiner Membran, während diese

auf der anderen Seite intact erscheint. Als Beispiel führen wir hier folgenden Fall von Moos an (60):

64 jähriger Diabetiker mit mehr als 20 jähriger Ohreiterung. R. Totale Taubheit für alle Tonquellen in Luft- und Knochenleitung. L. Keine Knochenleitung; dagegen lautes Sprechen gehört; C', C'' und a direct am Ohr gehört.

Rechts: Meatus ext. voll Eiter und Epithel. Trommelfell theilweise erhalten. Paukenhöhlenschleimhaut dick und roth. Links: Meat. ext. frei. Trommelfell fehlt grossentheils. Ambos horizontal verzogen. Section: rechts: Stapesplatte ankylosirt. Fenestra rotunda knöchern obliterirt. Links: Trommelfell fehlt bis auf die Peripherie. Hammer-Ambos desgleichen. Stapes ankylotisch. Fenestra rotunda intact. Periost und Membranen im Labyrinth verdichtet. Viel Otolithen.

Aehnlich lauten die Sectionsberichte vieler Fälle; für unsere Frage interessant sind besonders die von Moos (61), Moos-Steinbrügge (62), Burckhardt-Merian (63).

Nach Lucae (64) bedarf es für die directe Fortpflanzung musikalischer Töne durch die Kopfknochen eines Ausweichens der Labyrinthflüssigkeit nach dem runden Fenster nicht, wie es Politzer annahm; er hat dies bewiesen an seinem Fall von Missbildung, wo weder ein rundes, noch ein ovales Fenster vorhanden war und dennoch eine Glocke von den Kopfknochen aus gut gehört wurde.

Voltolini's (65) Mittheilung betrifft eine 49 jährige Frau, die rechts taub war, links lautes Schreien verstand und die Uhr einen Zoll weit hörte. Beidseits war der Stapes ankylosirt, rechts ein gallertiger Pfropf in der Nische des runden Fensters, links die Membran des runden Fensters normal, die Nische mit Bindegewebe angefüllt. Es muss für den Rest von Hörvermögen links nach Voltolini das runde Fenster in Anspruch genommen werden, da selbst ein Feinhörender bei festverstopftem Gehörgang keine Taschenuhr einen Zoll weit hört, wie es doch sein müsste, wenn durch die Kopfknochen gehört würde.

Gegen die Meinung Politzer's, dass in Fällen von Synostose der Stapes-Vorhofsverbindung, bei welchen die Patienten noch die laute Sprache verstehen, die Ueberleitung der Schallwellen auf das Labyrinth durch die Kopfknochen geschehe, spricht nach Weber-Liel (66) das Experiment, bei dem durch Ueberleitung von Schallwellen auf eine dem Schläfenbein seines Ohrpräparates aufgekittete Glasröhre weder bei offener, noch bei geschlossener Paukenhöhle irgend welche Excursionen

an der Membrana tympani secundaria wahrzunehmen waren. Er hält die Bewegungsfähigkeit der Membran des runden Fensters als zum Hören lauter Sprache für genügend, was er an folgendem Versuch zu zeigen sucht: Das Hammer-Ambosgelenk wurde, nachdem es vorher mit glühender Nadel getrocknet worden war, durch Ueberkitten mit heissem Colophoniumwachs immobilisirt, ebenso die Nische des ovalen Fensters und die Ambos-Steigbügelverbindung. Die Einwirkung von Schallwellen aus verschiedenen Orgelpfeifen vom äusseren Gehörgang aus bei geschlossener Pauke hatten keine Excursionen der Membran zur Folge; solche traten jedoch sofort ein, wenn auch schwächer wie unter anderen Umständen ($^1/_2 : 1—1^1/_2$), sobald in den äusseren Gehörgang gesprochen oder gesungen wurde. Diese Bewegungsfähigkeit wird allerdings beim Lebenden nicht so gross sein, wie am Präparat, da an letzterem der Aquaeductus cochleae eröffnet ist.

Alle diese Beobachtungen sprechen wohl mit Sicherheit zu Gunsten der Annahme, dass in solchen pathologischen Fällen, wo ein Hören durch die Gehörknöchelchenkette ausgeschlossen ist, wo aber trotzdem ein wenn auch sehr geringer Rest von Hörvermögen vorhanden ist, das runde Fenster vicariirend für die Ueberleitung der Schallwellen zum Labyrinth eintreten kann. Als Ausweichestelle für die in solchen Fällen ja minimen Bewegungen des Labyrinthwassers dienen die auch unter normalen Verhältnissen zum gleichen Zwecke functionirenden Aquaeducte. Unter normalen Umständen können natürlich die letzteren das runde Fenster nie ganz entbehrlich machen, da ein Ausweichen der Labyrinthflüssigkeit nach denselben wegen der geringen Weite nur sehr langsam und allmählich stattfinden kann.

Auch nach Siebenmann darf unter normalen Verhältnissen die runde Fenstermembran für das Hören (jedenfalls aber nicht in erster Linie) in Anspruch genommen werden. Die Ausfüllung der runden Fensternische mit Flüssigkeit resp. die Versenkung des runden Fensters unterhalb das Niveau einer Transsudatsäule der Paukenhöhle setzt die Hörweite nur sehr unbedeutend herab; Beobachtungen zeigen, dass in Fällen von Tubencatarrh durch die Luftdouche das Hörvermögen bis auf 10 m und mehr für Flüstersprache gebessert werden kann, selbst wenn die Niveaulinie des Transsudates noch deutlich durch das Trommelfell zu sehen ist in halber Höhe des Promontoriums.

Wenn wir nunmehr zum letzten Abschnitt unserer Arbeit übergehen, die in neuerer Zeit angestellten Versuche zu besprechen, am

Lebenden die Nische des runden Fensters mit Tampons zu verschliessen, und sowohl mit, als ohne dieselben Hörprüfungen anzustellen, so müssen wir gleich von vornherein betonen, dass dieselben unsere bis jetzt gewonnene Ansicht über die Function des runden Fensters bestätigen. Dabei haben wir zu unterscheiden 1. die von Burckhardt-Merian, Siebenmann und Panse angestellten Versuche, welche sich lediglich auf die Perception hoher Töne beziehen, und 2. die von Siebenmann gemachten Beobachtungen über die Beeinflussung der unteren Tongrenze.

Burckhardt-Merian (97) fand, dass in Fällen, bei welchen die Perception der höchsten Töne herabgesetzt oder vollständig aufgehoben ist, ein starker Druck auf die runde Fenstermembran, wie er durch Anhäufung von Flüssigkeit in der Trommelhöhle vorkommt, stattfindet. Dies konnte er an einem Fall direct constatiren, bei welchem er die Nische der Fenestra rotunda durch einen mit Glycerin getränkten leichten Wattetampon bedeckte.

Siebenmann (95) fand dagegen, dass das runde Fenster für die Zuleitung höchster Töne durch die Luft ohne wesentliche Bedeutung ist. Trotz fester Tamponade der cocaïnisirten Fossula fenestrae rotundae eines 21 jährigen Mannes blieb die obere Tongrenze ganz unverändert. „Die Thatsache, dass unter dem Einfluss des experim. Valsalvae die obere Tongrenze meistens hinaufgerückt, oft auch das Perceptionsvermögen für die Töne des oberen Endstückes der Scala verschärft wird, kann also nicht auf eine Spannungserhöhung der Membran des runden Fensters bezogen werden.“

Diese Anschauung wurde bestätigt durch die Versuche Siebenmann's (96) bei Tubencatarrhen, insofern als dort durch die Lufteintreibung häufig die obere Tongrenze herabgesetzt wurde, obwohl doch die durch die intratympanale Aspiration entspannt gewesene runde Fenstermembran durch die Luftdouche ihrem ursprünglichen Spannungsverhältniss wieder näher gebracht, d. h. mehr angespannt worden war.

Auch von Panse (46) wurde am Lebenden die experimentelle Tamponade der Nische des runden Fensters ausgeführt. In einem Fall pag. 256 trat auf die Tamponade eine Verschlechterung der Hörweite für Flüstersprache von $2^1/_2$ m auf 30 cm ein. Mit Recht empfiehlt Panse in Fällen, in welchen die Mittelohrräume freiliegen, die ganz harmlosen physiologischen Untersuchungen, Tamponade der Fenster mit Glycerin- oder Vaselinewatteküglelchen anzustellen, „Untersuchungen,

die mindestens ebenso werthvoll sind wie die Versuche an Thieren oder an Präparaten."

Hauptsächlich ist es aber die bisher unbekannte Thatsache, dass die Perception für tiefe Töne auf Tamponade des runden Fensters gesteigert werden kann, welche unser Interesse an den Versuchen herausfordert.

Drei Fälle von Siebenmann, welche er mir gütigst zur Verfügung stellte und die ich genauer anführen werde, sollen diese Verhältnisse klarlegen.

In dem ersten schon früher publicirten (98) Falle trat nach mehrmals wiederholter isolirter Tamponade der runden Fensternische ganz regelmässig eine auffallende Besserung der Hörweite für Flüstersprache ein und die untere Tongrenze rückte um zwei Octaven hinunter.

Der Fall ist folgender:

24. IV. 99. No. 539 des poliklinischen Journals. Otitis media pur. chron. beids. W., Rosine, 30 Jahre, Weissnäherin, Klingnau.

Anamnese: Seit dem 6. Jahre im Anschlusse an Scharlach und Diphtherie Otorrhoe beiderseits, welche bei ärztlicher Behandlung zeitweise sistirte. Schwerhörigkeit beiderseits. Seit 4 Wochen wieder Otorrhoe links und jetzt noch bestehende Ohrschmerzen. Vor ca. $^1/_2$ Woche war der linke Gehörgang (Privatbehandlung Siebenmann) ganz verschlossen durch Granulationen; in der Tiefe fand sich damals ein stinkender Wattepfropf. Schleimig-eitrige Otorrhoe beiderseits.

Status: Rechts: Totaler Trommelfelldefect; Hammergriff der Labyrinthwand adhaerent; vordere Hälfte der letzteren epidermisirt. In der Stapesgegend eine granulationsähnliche Verdickung der Schleimhaut; vom verticalen Ambosschenkel nichts zu sehen. H = 3 cm f. Flüstersprache.

Links: Im Eingang des Meatus noch eine Granulation am oberen Umfang. Ganze Labyrinthwand freiliegend; epidermisirte Stelle hinten oben. Margo daselbst frei. Im Uebrigen ähnliche Verhältnisse wie rechts. Mit dem Paukenröhrchen werden einzelne graue nicht geschichtete Epidermisstückchen ausgespritzt. Die runde Fensternische ist hier nicht zugänglich.

Weber-Schwabach'scher Versuch: Die Stimmgabel a^1 wird vom Scheitel um 11 Secunden verlängert ins schlechtere Ohr gehört.

3. V. 99. Rechts: Ohr trocken. Links: Granulat. des Gehörgangs vollständig verschwunden. Nur wenig schleimig-eitrige Secretion.

Labyrinthwand epidermisirt bis auf eine dem hint. unt. Quadranten entsprechende Stelle.

H $\begin{cases} \text{rechts} = 3 \text{ cm} \\ \text{links} = 2 \text{ cm} \end{cases}$ f. Flüstersprache. Borsäureinsufflation bessert H rechts auf 10, links auf 5 cm f. Flüstersprache.

12. V. 99. Tamponade der gut zugänglichen runden Fensternische rechts mit feuchter Borwatte: Die untere Hörgrenze rückt von e s auf E_1, d. h. um etwa zwei Octaven hinunter. H. steigt auf 100 cm für Flüstersprache.

12. VI. 99. H $\begin{cases} R = 20 \text{ f. Flüsterspr.} \\ L = \frac{1}{\infty} \text{ f. Flüstersp.} \end{cases}$ ohne Borinsufflation und ohne Tamponade.

Mittelohr trocken.

20. VI. 99. Beiderseits trocken.

In diesem Falle trat die obgenannte Besserung der Hörweite bei später wiederholten Versuchen ganz regelmässig im gleichen Umfange ein. Später dagegen trat in Folge der mechanischen Reizung wieder Eiterung ein und die Fortsetzung der Versuche musste leider sistirt werden, so dass über das Verhalten der Knochenleitung bei dieser Hörverbesserung unsere Journale keinen Aufschluss zu geben vermögen.

Dieser erste Fall legte Siebenmann die Vermuthung nahe, dass die beschriebene günstige Beeinflussung der unteren Tongrenze durch die Tamponade auf pathologischen Veränderungen des Tympanum secundarium beruhe. Die zwei weiteren Fälle, die zu tamponiren wir seither Gelegenheit hatten, mussten uns aber die Ueberzeugung aufdrängen, dass dieses Verhalten die Regel bilde:

O., Frida, 29 Jahre, Weberin, Lörrach. Im 7. Jahre Scharlach, seither Otorrhoe beiderseits. Pat. trat zuerst in poliklin. Behandlung am 26. VII. 96. Damals wurde folgender Status notirt:

Defect beider Trommelfelle. Links ist nur noch der eingezogene aber freie Hammergriff vorhanden; von Ambos und Steigbügel nichts zu sehen; ovale Fensternische verstrichen. Runde Fensternische frei offen. Promontoriumschleimhaut glatt. Tube durchgängig. Rechts: ähnliche Verhältnisse; nur ist der Stapes hier noch vorhanden, die runde Fensternische aber nicht sichtbar.

Hörweite beiderseits 12 cm für Flüstersprache, nach Aufhören der Secretion (2. Sept.) beiderseits 15 cm. Borinsufflation bessert die Hörweite rechts nicht, links von 15 auf 50 cm für Flüstersprache.

Am 25. X. 99 stellt sich Pat. wieder ein in der poliklinischen Sprechstunde. Keine Secretion. Befund wie am 2. Sept. 96.

H { r. 10 cm f. Flüsterspr. / l. 15 cm f. Flüsterspr. } Obere Tongrenze: Galton { r. 1,5 / l. 2,5.

Untere Tongrenze beidseits A.

Weber-Schwabach verlängert.

Tamponade der runden Fensternische links durch ein mit Borsäurewasser getränktes stecknadelkopfgrosses Kügelchen von Charpiewatte bringt folgende Veränderung der Hörfunction hervor:

H steigt links an von 15 auf 70 cm für Flüstersprache. Obere Tongrenze unverändert. Untere Tongrenze von A auf B_I hinabgerückt, d. h. um fast eine Octave erweitert.

Bei einem dritten, während der Revision dieses Abschnittes (1. November 1899) beobachteten Falle seiner Poliklinik fand Siebenmann ganz ähnliche Verhältnisse wie in den beiden ersten Fällen: Hochgradige Veränderung am ovalen Fenster, bei fast totalem Defect des Trommelfells. Verlängerte Knochenleitung. Reduction der unteren Tongrenze bis ans untere Ende der kleinen Octave. Auf feuchte Tamponade hin: Hinabrücken der unteren Tongrenze um mehr als eine Octave (in diesem 3. Falle von e auf As_I.)

„Es wäre also eine durch Borsäureinsufflation auf die blossliegende Paukenhöhlenschleimhaut herbeigeführte Hörverbesserung u. A. auch auf das runde Fenster und nicht nur — wie bisher allgemein angenommen — auf Druckwirkung in der Steigbügelgegend zu beziehen."

Das Nämliche gilt von der nicht selten zur Beobachtung gelangenden Besserung des Gehörs bei Wiederauftreten von Secretion in Fällen von „Residuen mit Perforation." (Siebenmann).

Der begünstigende Einfluss der Tamponade auf die Perception der tiefen Töne ist, nachdem nun in allen bisher darauf geprüften Fällen der Erfolg der nämliche war, wohl darin zu suchen, dass belastete Membranen für tiefe Töne besser schwingen, da sie durch die Belastung eine langsamere Schwingungsdauer bekommen. Jede weiche Membran schwingt ja auf alle Töne mit, am besten aber immer auf den Ton, dessen Schwingungsdauer mit derjenigen ihres Grundtones übereinstimmt. Unbelastet ist die straff gespannte Membran des runden Fensters wohl zu dünn und zu klein, um kräftig mitzuschwingen, wenn tiefe Töne direct (also nicht durch Vermittlung von Trommelfell-Stapes-Labyrinth-

wasser) auf sie einwirken. Wenn wir nach einer ferneren Erklärung für die in unsern 3 Fällen gefundene Thatsache suchen, so dürfen wir nicht unerwähnt lassen, dass eine solche sich auch finden liesse in dem Umstande, dass durch die Tamponade der Abfluss derjenigen Schallwellen, welche durch das ovale Fenster in die Schnecke getreten sind, am runden Fenster gehindert wird und dass durch Reflexion derselben nach der Schnecke zurück sogar eine Verstärkung zu Stande kommen könnte. Letzteres würde in der That zutreffen für die tieferen Töne mit grösserer Wellenlänge, während bei höheren Tönen die Reflexion eher zu Interferenzerscheinungen, d. h. zu Abschwächung der Perception führen müsste.

Wie weit die von Siebenmann experimentell gefundene Thatsache, dass die runde Fenstermembran durch Belastung befähigt wird zur Zuleitung tieferer Töne zum Labyrinth, auch in **therapeutischer** Beziehung sich verwerthen lässt, ist heute noch nicht zu überblicken. Jedenfalls fordern die mitgetheilten Beobachtungen aber auf zu versuchen, bei den mit Basstaubheit verbundenen Stapesankylosen der verschiedensten Herkunft die runde Fenstermembran durch Belastung für die Uebertragung tieferer Töne geeignet zu machen. In dem ersten der mitgetheilten Fälle, wo dies von uns versucht wurde, traten schon nach wenigen Tagen Reizerscheinungen auf, welche eine Fortsetzung verboten. Indessen hatte offenbar die eingetretene Schleimhautschwellung der runden Fensternische zur Folge, dass eine Hörverbesserung nun auch ohne Tamponade die nächsten Tage, d. h. soweit der Fall noch beobachtet werden konnte, bestehen blieb.

Bei der von Delstanche empfohlenen Vaselinbehandlung der Sclerose müssen die Erfolge, die ja mit Rücksicht auf die tiefer liegenden pathologischen Veränderungen des Knochens sonst unerklärlich sind (Politzer), wenigstens zum Theil bezogen werden auf den hierbei erfolgenden Eintritt von Vaseline in die runde Fensternische (vergl. 1. Delstanche, Ch., Usage de la vaseline liquide dans les catarrhes de l'oreille moyenne. Réunion des otol. et laryng. belges 1891, Mai 17. Referate Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XXII, pag. 354 und Bd. XXIII, pag. 298; 2. Discussion über den Vortrag von Delstanche am V. intern. otol. Congress, Z. f. O. Bd. XXVII, pag. 316—317.)

Wir glauben uns also zur Aufstellung folgender **Schlusssätze** berechtigt:

1. In Fällen, wo das ovale Fenster hochgradig verändert und die untere Tongrenze wesentlich reducirt

ist, kann das Gehör für tiefe Töne gebessert werden durch Belastung der runden Fenstermembran. Letztere scheint also auch Schallwellen von der Paukenhöhle zum Labyrinth zu übertragen; unter normalen Verhältnissen aber nur solche höherer Töne — etwa von der kleinen Octave (inclusive) an aufwärts — (Siebenmann).

2. Die Membrana tympani secundaria dient unter normalen Verhältnissen aber hauptsächlich dazu, im Verein mit den beiden Aquaeducten die Druckschwankungen des Labyrinthwassers zu reguliren; und zwar:

a) bei der durch Töne im Labyrinthwasser vermittelst der Gehörknöchelchenkette hervorgebrachten Wellenbewegung,

b) bei den plötzlich durch directe oder indirecte Gewalt herbeigeführten Stössen gegen die Gehörknöchelchenkette.

Meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. F. Siebenmann spreche ich an dieser Stelle für die Ueberlassung der Arbeit und die mir bei der Ausführung derselben erwiesene freundliche Unterstützung meinen herzlichsten Dank aus.

Litteratur-Verzeichniss.

1. Bezold. Ueber die funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorgans. Wiesbaden 1897. S. 1.
2. Ingrassias. In Galeni librum de ossibus doctissima et expectatissima commentaria. Panormi 1603. S. 8.
3. Fallopius Gabrielus. Observationes anatomicae. Venetiis 1561. S. 27. 28.
4. Volcher Coiter. Externarum et internarum principalium humani corporis partium tabulae. ed. 1572 Septemb. De auditus instrumento. S. 88.
5. Andreas Laurentius. Opera anatomica. Francofurti. S. 651.
6. Vidi Vidii Florentini de anatome corporis humani libri VII. Venetiis 1611. Lib. VII. S. 321 ff.
7. Julii Casserii Placentini Pentaestheseion. Francofurti 1610. Fol. Lib. VII. S 148.
8. Lincke. Handbuch der Ohrenheilkunde 1837, Bd. V.
9. Guntheri Christophori Schelhammeri De auditu liber unus. Lugdani Batavorum 1684. Cap. V, § 12, S. 234 und § 9, S. 230.
10. Vieussens. Traité nouveau de la structure de l'oreille. Toulouse. Part II, Cap. 1. 1714.

11. Antonius Scarpa. De structura fenestrae rotundae auris et de tympano secundario anatomicae observationes. Mutinae. Cit. bei Stein: Die Lehre von den Funktionen der einzelnen Theile des Ohrlabyrinthes. S. 45.
12. Scarpa. Anatomicae disquisitiones de auditu et olfactu. 1797. Deutsche Uebersetzung 1800 Nürnberg. S. 101.
13. Haller, Albrecht von. Elementa physiologiae. Bd. II.
14 Tourtoual. Die Sinne des Menschen. Münster 1827.
15. Cuvier. Leçons d'anatomie comparée. 5 Vol. Rec. par Duméril. Paris 1800—1805. T. II, S 446.
16. Autenrieth und Kerner, 1809. Beobachtungen über die Funktionen einzelner Theile des Gehörs. Archiv für die Physiologie Bd. IX, S. 313.
17. Treviranus. Biologie oder Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher u. Aerzte. Bd. VI, 2, S. 369 und 395.
18. Flourens. Mémoire présentée à l'Académie royale des sciences. 27. Dec. 1824
19. Savart. Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe. 29. avril 1822 Journal de Physiol. T. IV, 1824. S. 183 ff.
20. Joh Müller. Handbuch der Physiol. des Menschen. 1840 Bd. II, 5. II. Abschnitt vom Gehörsinn. S. 393 ff.
21. Rinne. Beiträge zur Physiologie des menschlichen Ohres. Prag. Vierteljahresschrift Bd. I und II, 1855. Abschnitt IX, S. 45.
22. Helmholtz. Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells. Pflügers Arch. 1. Jahrg. 1868
23. Helmholtz Die Lehre von den Tonempfindungen als physiol. Grundlage f. d. Theorie d. Musik. 1870.
24. Toynbee. Krankheiten des Gehörorganes. Uebers. von Moos. Würzburg 1863. S. 289 ff.
25. Yearsley. Lancet 1848, August.
26. Weber, Eduard. Ueber den Organismus des menschl. Gehörorgans. Berichte über d. Verhandl. d. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig 1851.
27. Müller und Pouillet. Lehrbuch der Physik. 1869.
28. Hermann. Lehrbuch der Physiologie. 1896.
29. Politzer. Ueber den Einfluss der Luftdruckschwankungen in d. Trommelhöhle auf die Druckverh. des Labyrinthinhaltes. Wien. med. Wochenschr. 1862. S. 192.
30. Politzer. Beiträge zur Physiologie des Gehörorgans. Sitzungsber. der Wien. Akademie 1861. S. 427.
31. Politzer. Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgan im gesunden und kranken Zustand. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. I. 1864. S. 58—73, 319—352.
32. Buck Untersuchungen über den Mechanismus der Gehörknöchelchen. Arch. f. Ohrenheilk. Bd I, 2. Abth. S. 121.
33. Burnett. Untersuchungen über den Mechanismus der Gehörknöchelchen und der Membran des runden Fensters. Arch. f. Ohrenh. Bd. 2, 2. Abth. S. 64.
34. Hensen und Schmiedekam. Experim. Studien zur Physiol. d. Gehörorgans. Arbeiten aus dem Kieler physiol. Institut 1868.

35. Gruber, Joseph. Anatom.-Physiol Studien über das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette. 1867.
36. A. Prussak. Zur Physiologie und Anatomie des Blutstroms in der Trommelhöhle. 1868.
37. Henke. Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschr. f. rat. Med. 1868.
38. Schwartze. Praktische Beiträge zur Ohrenheilk. 1864
39. Mach und Kessel. Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelohrs. Sitzungsber. der Wien. Akad. III. Wien 1874.
40. Weber-Liel. Zur Funktion der Membran des runden Fensters (Membr. tymp. secund.) Centralbl. f. med Wissensch. Nr. 2, 1876.
41. id. Die Membrana tymp. sec. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1876 S. 7.
42. id. Weitere anatom. u. physikal. Untersuch. über die Membr. tymp. sec. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1876. S. 53.
43. Bezold. Experimentelle Untersuch. über den Schallleitungsapparat des menschlichen Ohres. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XVI. 1880.
44. Landois. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1896. 9. Aufl.
45. Schwartze. Kleinere Mittheilungen. Arch. f. Ohrenheilk. 1865. II, 1.
46. Panse. Die Schwerhörigkeit durch Starrheit der Paukenfenster. Jena. 1897.
47. Beauregard. Note sur le rôle de la fenêtre ronde. Bull. Soc. de Biologie. 1892. Ref. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXIV.
48. Kaiser. Die Mechanik der Gehörfunktion. Arch. f. Ohrenheilk. Bd. I, Abth. II, S. 100.
49. Politzer. Zur Physiologie u. Pathologie des Gehörorgans. Wien. med. Wochenschr. 1861. 41. 42.
50. Gellé. Etude clinique du vertige de Menière dans ses rapports avec les lésions des fenêtres ovale et ronde.
51. Moos. Untersuch. über Pilz-Invas. des Labyrinths im Gefolge von Masern. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XVIII, S. 99.
52. Berthold. Was vermag das menschliche Ohr ohne Steigbügel zu hören. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XIX, S. 1.
53. Weinland. Ueber die Funktion der verschiedenen Theile des menschlichen Gehörorgans. Arch. f. Ohrenh. XXXVII, S. 199.
54. Politzer. Zur physiologischen Akustik und deren Anwendung auf die Pathologie des Gehörs. Arch. f. Ohrenheilk. VI, S. 35.
55. Bezold. Eine Entfernung des Steigbügels. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXIV, S. 259.
56. Bezold. Ein Fall von Stapesankylose und ein Fall von nervöser Schwerhörigkeit mit den zugehörigen Sectionsbefunden u. der manometr. Unters. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXIV, S. 267.
57. Katz. Knöcherne Ankylose des Steigbügels. Deutsche med. Wochenschr. 1890, Nr. 40.
58. Bezold. Ein weiterer im Leben diagnosticirter Fall von doppelseitiger Steigbügelankylose mit Sectionsbefund, manometr. u. histolog. Unters. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXIV, S. 1.

59. Bing. Die entotische Anwendung des Höhrrohrs. Monatsschr. f. Ohrenheilk. S. 139. 1876.
60. Moos. Chronische, mehr als 20jähr., eitrige Entzündung beider Paukenhöhlen etc. 1878. Zeitschr. f. Ohrenheilk. VII, S. 245.
61. Moos. Zwei Fälle von Hyperostose des Felsenbeins mit doppels. Ankylose des Steigbügels. Arch. f. Ohrenheilk. II, S. 190.
62. Moos-Steinbrügge. Hyperostosen- u. Exostosenbildung, Hammerkopfankylose, knöch. Verschluss des runden Fensters etc. Zeitschr. f. Ohrenheilk XI, S. 48. 1881.
63. Burckhardt-Merian. Nachtrag zu dem von Moos u. Steinbrügge mitgetheilten Fall etc. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XI, S. 226. 1881.
64. Lucae. Ankylose des Steigbügels durch Hyperostose am Promontorium und ovalen Fenster. Arch. f. Ohrenheilk. II, S. 84.
65. Voltolini. Hochgradige Schwerhörigkeit, excessive subj. Geräusche etc. Monatsschr. f Ohrenheilk. 1876, S. 154.
66. Weber-Liel. Experimente betr. die Frage der Uebertragung der Schallwellen aufs Labyrinth in Fällen von Synostose der Steigbügelvorhofsverbindung. Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1876, S. 154.
67. Cozzolino. Zufällige Durchbohrung des runden Fensters etc. Bericht über den 4. internat. otol. Congress zu Brüssel 1888. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XIX.
68. Secchi. Neuere Beiträge zur Physiologie des Mittelohrs. Bericht über die Verhandlungen der otologischen Section auf dem XI. internationalen Congress zu Rom 1894. Arch. f. Ohrenheilk. XXXVII. S. 264.
69. Lucae. Untersuchungen über die sog. Knochenleitung. Arch. f. Ohrenheilk. I, 4, S. 309 ff.
70. Fick. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane.
71. Valentin. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1844.
72. Tröltsch. Die Anatomie des Ohres. 1861.
73. id. Die Krankheiten des Ohres. 1862.
74. Handbuch der Ohrenheilkunde, herausgegeben von Schwartze. Bd. I, 1892. Bd. II, 1893.
75. Mygind. Taubstummheit. 1894.
76. Urbantschitsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 1890.
77. Steinbrügge. Pathologische Anatomie des Gehörorgans. 1891.
78. Politzer. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 1893.
79. Zaufal. Exostose in der rechten und linken Paukenhöhle mit theilweiser Verlegung der Fenestra rotunda. Arch. f. Ohrenheilk. II, S. 48.
80. Schwartze. Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Ohres. Arch. f. Ohrenheilk I, S. 195 ff.
81. id. Arch. f. Ohrenheilk. II, S. 279 ff.
82. id. Arch. f. Ohrenheilk. IV, S. 235 ff.
83. Politzer. Ueber primäre Erkrankung der knöchernen Labyrinthkapsel. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXV, S. 309. 1894.
84. Schwartze. Zur Pathologie der Synostose des Steigbügels. Archiv für Ohrenheilk. V, S. 257 ff.

85. Tröltsch. Anatomische Beiträge zur Ohrenheilkunde. (Section von 16 Schwerhörigen.) Arch. f. pathol. Anatomie u. Physiologie und für klin. Medicin. Bd. XVII. 1859. S. 1—80 (spec. VIII, S. 28).
86. id. (Section von 20 Schwerhörigen). Arch. f. Ohrenheilk. VI, S. 45 ff.
87. Lucae. Anatomisch-physiologische Beiträge zur Ohrenheilk. 1864. Arch. f. path. Anatomie und Physiologie etc. von Virchow. Bd. XXIX, S. 33 und S. 79.
88. Voltolini. Sectionsergebnisse bei Schwerhörigen und Taubstummen. 1865. Arch. f. path. Anat. etc. von Virchow. Bd. XXXI, S. 199, bes. Fall 10, S. 213.
89. id. Sectionen von Schwerhörigen. 1861. Arch. f. pathol. Anatomie etc. von Virchow. Bd. XXII, S. 110.
90. Moos. Hyperostose des Schädels etc. Verschluss des linksseitigen runden Fensters. 1871. Zeitschr. f. Ohrenheilk. II, S. 108—115.
91. Moos. Sectionsergebnisse von Ohrenkranken etc. Zeitschr. f. Ohrenh. III, S. 76—113 Sect. VII, S. 92.
92. Moos. Sectionsergebnisse von Ohrenkranken. Zeitschr. f. Ohrenh. VII, S. 215—254. Fall VI, S. 245.
93. Gellé. L'audition et ses organes. 1899. S. 120.
94. Wolf. Sprache und Ohr. Braunschweig. 1871.
95. Siebenmann. Zur funktionellen Prüfung des normalen Ohres. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XXII, S. 303.
96. Siebenmann. Hörprüfungsresultate bei reinem Tubenkat. Zeitschr. f. Ohrenheilk. XXII, S. 308 ff.
97. Burckhardt-Merian. Résultats comparés des différentes méthodes d'exploration de la fonction auditive. Bâle. 1885. S. 8 und 18.
98. Siebenmann. Demonstration von Präparaten dreier Fälle von Verschluss der rechten Fensternische und eine Beobachtung von Hörverbesserung nach experimenteller Tamponade der Fossula fenestrae rotundae. Verhandlungen der deutschen otolog. Gesellschaft. VIII. Vers. Hamburg 1899. Jena. S. 19 ff.
99. Retzius. Das Ohr der Säugethiere.
100. Wiedersheim. Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere.
101. Zellner. Vorträge über Akustik. 1892.
102. Vohsen. Ueber den Gehörsinn. Vortrag. Bericht der Senkenburgischen naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M. 1898.